

Применение метода Бубнова—Галеркина к многогрупповому расчету двумерного реактора

КУХАРЕНОК И. П.

УДК 621.039.51.12

На примере решения интегро-дифференциального уравнения с тремя переменными:

$$M(u, r, z) \varphi(u, r, z) + \omega N(u, r, z) \varphi(u, r, z) = 0$$

излагается новый способ получения расчетных формул вариационных методов, в основу которого положены некоторые представления тензорного анализа. Этот способ, возможно, имеет аналогию с методом Дирака [1] и сводится к следующему: сначала в простых пространствах находятся опорные операторы, затем с помощью тензорных преобразований конструируется оператор, изображающий реактор в интересующем нас сложном пространстве. По-видимому, основные преимущества такого способа — единообразие приемов и быстродействие при данном числе пробных функций.

Метод реализован в программе для расчета цилиндрического реактора [2]. Пространственно-энергетическое распределение нейтронов ищется в виде тройного ряда:

$$\varphi(u, r, z) = t_{j\lambda i} \dot{h}_j^i(u) f_\lambda^i(r) f_l^i(z),$$

где $\dot{h}_j(u)$ — локальные функции (это равносильно использованию метода групп для описания энергетической зависимости). Функции $f_\lambda^i(x) = f_\lambda(r), f_l(z)$ могут быть такими: а) заданными в виде таблиц, т. е. практически какими угодно; б) полиномами вида $f_\lambda^i(x) = b_{\xi i} g_\xi^i(x)$, где функции $g_\xi^i(x)$ записаны в виде стандартных таблиц, а коэффициенты $b_{\xi i}$ могут быть любыми; в) коэффициенты $b_{\xi i}$ являются собственными векторами матрицы, изображающей многозонный одномерный одногрупповой реактор — модель в пространстве

$g_i(x)$; коэффициенты диффузии, сечения поглощения толщины зон модели могут быть какими угодно.

Основные ограничения программы: число групп не должно превышать 26, число пробных функций в данной группе — до 25 и число зон — до 40. В настоящее время программа включена в комплекс [3], по которому рассчитывают макро- и микросечения с учетом блокировки резонансов, числа процессов, коэффициенты воспроизводства, осуществляется вывод реактора на критичность изменением концентраций. Этот комплекс составлен в коде БЭСМ-4 и оформлен аналогично стандартным программам системы ИС-2. Объем комплекса 8500 слов.

Время счета программы [2] при числе групп 26, числе пробных функций 5×3 , числе зон 10 составляет ~6 мин. Приводятся примеры (f_λ — бesselевы функции, f_l — косинусоидальные функции), показывающие, что при таком числе пробных функций достигается достаточная для практики точность расчета нейтронных полей многозонных профилированных быстрых реакторов.

(№ 709/7243. Поступила в Редакцию 15/1 1973 г. Полный текст 0,45 а. л., 1 рис., 7 библиографических ссылок.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схоутен Я. А. Тензорный анализ для физиков. М., «Наука», 1965, с. 333—372.
2. Кухаренок И. П. Препринт НИИАР, П-103, 1971.
3. Кухаренок И. П. Препринт НИИАР П-164, 1972.

Определение абсолютной интенсивности гамма-линии 278 кэв ²³⁹Np

ЮРОВА Л. Н., БУШУЕВ А. В., ПЕТРОВ В. И., ИНИХОВ А. Г., ОЗЕРКОВ В. Н., ЧАЧИН В. В.

УДК 539.122.164

С помощью Ge(Li)-спектрометра измерена абсолютная интенсивность линии 278 кэв ²³⁹Np. Линия наблюдалась в спектре уранового образца, облученного в тепловой колонне реактора Ф-1 Института атомной энергии им. И. В. Курчатова.

При определении абсолютной интенсивности использовалось выражение

$$\gamma_{278}^{239\text{Np}} = \frac{A_0}{N_8 \sigma_{\text{ct}}^8 n g n v_0 (1 - e^{-\lambda N p t_0}) e^{-\lambda N p t_0} K} \left(1 - \frac{1}{R_{\text{Cd}}} \right),$$

где A_0 — полное число импульсов в пике; N_8 — число ядер ²³⁸U в образце; σ_{ct}^8 — сечение радиационного захвата ²³⁸U для тепловых нейтронов ($\sigma_{\text{ctn}}^8 = 2,69 \pm 0,03$); ε — эффективность Ge(Li)-спектрометра для $E_\gamma = 278$ кэв, которая определялась с помощью источника ²⁰³Hg (набор МАГАТЭ № 049); R_{Cd} — кадмиевое отношение для используемых фольг, которое находили экспериментально, оно оказалось равным 70 ± 3 ; $n v_0$ — поток нейтронов на образец во время облучения, его

оценку производили с помощью золотых фольг толщиной 20 мкм, которые загружались вместе с урановыми образцами.

Коэффициент K учитывает самопоглощение γ -излучения с $E_\gamma = 278$ кэв внутри уранового образца; значение K определяли экспериментально из измерений с набором образцов различной толщины. Активность золотых фольг измеряли на прокалиброванном сцинтилляционном спектрометре.

Полученные γ -спектры обрабатывались на ЭВМ М-220. Ниже приведены значения абсолютной интенсивности (для сравнения даны результаты работ [1, 2]):

Данные работ	Абсолютная интенсивность
[1]	$0,141 \pm 0,007$
[2]	$0,145 \pm 0,004$
Настоящая	$0,141 \pm 0,004$

Видно, что результаты совпадают в пределах ошибок. (№ 710/7286. Поступила в Редакцию 20/III 1973 г. Полный текст 0,35 а. л., 1 рис., 9 библиографических ссылок.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ewan G. e. a. Phys. Rev., 1957, v. 108, p. 1308.
2. Ewan G., Wahlgram M. Nucl. Instrum. and Methods, 1972, v. 99, p. 337.

Параметры поля радиации вблизи установки для облучения сельскохозяйственных культур

БУЛАТОВ Б. П., ЦЫГАНКОВ Е. И.

УДК 621.039.83

Радиационно-техническая установка «Гамма-поле» предназначена для облучения сельскохозяйственных культур в естественных условиях в процессе вегетации с целью получения исходного материала для селекции, а также для решения ряда задач растениеводства. Установка размещается в поле. В радиусе $R_2 = 30$ м от установки насыпан земляной вал, а в радиусе $R_1 = 200$ м проходит защитная зона. Источник ^{60}Co активностью 1660 кюри расположен в контейнере на высоте 3,5 м от уровня грунта. Радиус зоны облучения R_3 составляет ~ 25 м. В работе исследованы закономерности формирования поля радиации в зоне облучения и за ее пределами и разработаны инженерные методики расчета оптимальных параметров таких установок. Следует отметить, что работ, посвященных изучению поля излучения подобной геометрии, опубликовано очень мало.

По данным экспериментальных исследований получены полуэмпирические соотношения, позволяющие рассчитывать пространственное распределение мощностей доз в зоне облучения и за ее пределами. Мощность дозы у поверхности почвы в зоне облучения может быть вычислена по формуле

$$P(r) = \frac{Q_0 h E_\gamma}{4\pi (h^2 + r^2)^{3/2}} \bar{\gamma}_v \cdot 1,6 \cdot 10^{-8} \left(1 + \frac{2r^4}{(r^2 + h^2)^2} \right) \text{ р/сек}, \quad (1)$$

где Q_0 — активность источника, γ -квант/сек; $\bar{\gamma}_v$ — массовый коэффициент поглощения γ -квантов с энергией E_γ в воздухе, $\text{см}^2/\text{г}$; r — расстояние между детектором и проекцией точки расположения источника на поверхности грунта, см ; h — высота, на которой располагается

источник, см . Характер изменения мощности дозы за пределами земляного вала имеет следующий вид:

$$P(r) = 8,9 \cdot 10^{-4} Q (9,0e^{-2,78 \cdot 10^{-4} r} + 2,0e^{-1,2 \cdot 10^{-4} r}), \quad (2)$$

где r выражено в см , P — в мкр/сек и Q — в кюри. Первое слагаемое формулы (2) является преобладающим в области $r \leq (1 \div 2) \lambda$, где λ — длина свободного пробега γ -квантов в воздухе, а показатель экспоненты этого слагаемого близок к коэффициенту линейного ослабления в воздухе γ -квантов с энергией ~ 180 кэв. Второй член в формуле (2) обусловлен излучением, отраженным от грунта в зоне облучения и проходящим (скользящим) над валом в направлении детектора, а показатель экспоненты по абсолютной величине близок к коэффициенту линейного ослабления в воздухе γ -квантов с энергией ~ 700 кэв.

Полуэмпирические формулы (1) и (2) позволяют оценивать уровни радиации с погрешностью не хуже $\pm 10\%$. Для определения оптимальных размеров защитного вала при заданных размерах защитной зоны (диаметр 400 м) проведены теоретические расчеты методом Монте-Карло на ЭВМ М-22 с погрешностью $\pm (15 \div 20)\%$.

Расчеты показали, что при $R_3 = 30$ м и $R_1 = 200$ м оптимальная высота вала $H = 6$ м. Для размеров зон облучения в интервале $10 \text{ м} < R_2 < 30$ м высота защитного вала может быть вычислена по приведенной в настоящей работе формуле. При $R_2 > 50$ м высота вала слабо зависит от радиуса зоны облучения и равна высоте расположения источника плюс два-три метра.

(№ 711/7388. Поступила в Редакцию 14/V 1973 г. Полный текст 0,4 а. л., 4 рис., 6 библиографических ссылок.)